

Docket No.: W&B-INF-1831

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313 20231.

By: 

Date: August 1, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Jenö Tihanyi  
Appl. No. : 10/619,125  
Filed : July 14, 2003  
Title : Non-Volatile Memory Cell

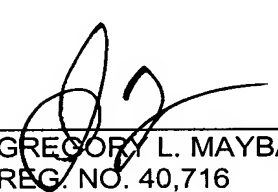
CLAIM FOR PRIORITY

Hon. Commissioner for Patents,  
Alexandria, VA 22313-1450  
Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 102 31 646.5 filed July 12, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

  
\_\_\_\_\_  
GREGORY L. MAYBACK  
REG. NO. 40,716

Date: August 1, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/mjb

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 31 646.5

**Anmeldetag:** 12. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE

**Bezeichnung:** Nichtflüchtige Speicherzellen

**IPC:** H 01 L 27/115

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Juni 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Wehner

## Beschreibung

### Nichtflüchtige Speicherzellen

Die Erfindung betrifft nichtflüchtige Speicherzellen zum dauerhaften Speichern von Daten. Die Erfindung betrifft insbesondere Speicherzellen, bei denen die Speicherung von Daten durch ein "ovonisches" Speichermaterial durchgeführt wird, insbesondere einem ovonischen Festkörperspeicher.

Das "ovonische" Speichermaterial kann einen hochohmigen und einen niederohmigen Zustand annehmen. Bei dem Speichermaterial handelt es sich üblicherweise um eine Legierung, die in zwei Zustandsformen vorliegen kann: In einer niederohmigen polykristallinen Struktur und in einer hochohmigen amorphen Struktur. Um das Speichermaterial in einen der beiden Zustände zu bringen, muss es geschmolzen werden und anschließend wieder abgekühlt werden, so dass es sich in eine der beiden Zustandsformen verfestigt.

Wird das Speichermaterial schnell und mit hoher Energiezufuhr erhitzt, bis es schmilzt, wird die Kristallstruktur des Speichermaterials zerstört, und es verfestigt sich beim Abkühlen in den amorphen Zustand. Wird das Speichermaterial langsamer in einem längeren Erwärmungsschritt mit niedrigerer Energiezufuhr geschmolzen, so nimmt es beim Abkühlen einen polykristallinen Zustand an. Im amorphen Zustand hat das Speichermaterial einen hohen Widerstand und im polykristallinen Zustand einen geringeren elektrischen Widerstand.

Aus "Reborn Memory May Put Flash in Shade", IEEE Spectrum, März 2002, Seite 20 bis 21, ist der Aufbau einer Speicherzelle mit Hilfe eines solchen "ovonischen" Speichermaterials bekannt. Die dort gezeigte Speicherzelle weist eine Heizeinrichtung mit einem Bipolartransistor und einem Heizwiderstand auf. Der Heizwiderstand ist in unmittelbarer Nähe zu dem Speichermaterial angebracht. Speichermaterial und der Heizwi-

derstand sind in Serie mit dem Emitter des Bipolartransistors verbunden. Zwischen dem nicht mit dem Heizwiderstand verbundenen Anschluss des Speichermaterials und dem Kollektor des Bipolartransistors liegt je nachdem, ob gelesen oder geschrieben werden soll, eine bestimmte Spannung an. Über den Basiseingang des Bipolartransistors kann der Strom durch das Speichermaterial und den Heizwiderstand gesteuert werden.

Beim Beschreiben der so gebildeten Speicherzelle wird als bestimmte Spannung eine Schreibspannung angelegt, die über der zum Auslesen benötigten Auslesespannung liegt. Durch Durchschalten des Bipolartransistors mit Hilfe eines an dem Basiseingang angelegten Steuersignals fließt Strom durch das Speicherelement, den Heizwiderstand und den Bipolartransistor. Der Strom erhitzt den Heizwiderstand und somit das in unmittelbarer Nähe zum Heizwiderstand angebrachte Speichermaterial. Die Erwärmung wird gesteuert durch das Steuersignal am Basiseingang und das Speichermaterial auf diese Weise langsam oder schnell bis zum Schmelzen erhitzt. Nach dem Abkühlen bzw. Wiedererstarren nimmt das Speichermaterial einen hochhohmigen amorphen oder niederohmigen polykristallinen Zustand an.

Durch das Aktivieren der Speicherzelle beim Auslesen mit Hilfe eines über eine Wortleitung gelieferten Steuersignals an den Basiseingang des Bipolartransistors kann je nach Zustand des Speichermaterials ein unterschiedlicher Spannungsabfall über die gesamte Speicherzelle gemessen werden.

Beim integrierten Aufbau einer solchen Speicherzelle ist der Heizwiderstand sehr nah an dem Bipolartransistor angeordnet, so dass der Bipolartransistor ebenfalls stark erwärmt wird. Da der Schmelzpunkt von üblicherweise zu verwendenden Speichermaterialien, wie z.B. eine Legierung aus Germanium, Antimon und Tellur bei ca. 600°C liegt, ist es notwendig, auch den Heizwiderstand bis zu diesem Temperaturbereich zu erwärmen. Da jedoch die Funktionsfähigkeit eines herkömmlichen Bi-

polartransistors nur bis maximal 150 bis 200°C gewährleistet ist, kann es zu einer Überhitzung des Bipolartransistors und zu dessen Ausfall kommen.

5 Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Speicherzellenanordnung für eine Speicherzelle der eingangs genannten Art zur Verfügung zu stellen, bei der der Nachteil der Überhitzung und Zerstörung des Transistors vermieden werden kann.

10 Diese Aufgaben werden durch die Speicherzellen nach Anspruch 1 und nach Anspruch 5 gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

15 Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Speicherzelle zum dauerhaften Speichern von Daten mit einem "ovonischen" Speichermaterial vorgesehen. Das Speichermaterial kann einen ersten hochohmigen Zustand und einen zweiten niederohmigen Zustand annehmen. Es ist eine Heizeinrichtung vorgesehen, um das Speichermaterial mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf eine programmiertemperatur zu erwärmen, 20 wobei das Speichermaterial nach dem Abkühlen abhängig von der Geschwindigkeit des Erwärmens hochohmig oder niederohmig ist. Die Heizeinrichtung weist eine Schalteinrichtung und ein Heizelement in unmittelbarer Nähe zum Speichermaterial auf. Die Schalteinrichtung weist einen Feldeffekttransistor auf, 25 wobei ein Drain-Bereich des Feldeffekttransistors als Heizelement vorgesehen ist.

Eine solche Speicherzelle hat den Vorteil, dass der Heizbereich von dem aktiven Bereich des Feldeffekttransistors im Wesentlichen besser getrennt ist als bei einer Speicherzelle 30 nach dem Stand der Technik. Darüber hinaus ist es nicht notwendig, ein gesondertes Heizelement in Form z.B. eines Heizwiderstandes vorzusehen, so dass die Herstellung einer sol-

chen Speicherzelle vereinfacht werden kann. Da nahezu der gesamte Spannungsabfall in einem Feldeffekttransistor im Drain-Bereich stattfindet, kann der Drain-Bereich gleichzeitig als Heizwiderstand verwendet werden.

- 5 Es kann weiterhin vorgesehen sein, dass der Drain-Bereich einen hochdotierten Kontaktierungsbereich zum Kontaktieren des Speichermaterials umfasst.

10 Es kann weiterhin vorgesehen sein, dass der Feldeffekttransistor vertikal in einem Substrat aufgebaut ist und von einem Isolationsmaterial, dessen Wärmeleitfähigkeit gering ist, umgeben ist. Auf diese Weise lässt sich die erfindungsgemäße Speicherzelle in integrierter Form auch in einer Feldanordnung anordnen. Das Isolationsmaterial sorgt dafür, dass die im Drain-Bereich des Feldeffekttransistors entstehende Wärme  
15 nicht oder nur reduziert in das Speichermaterial von benachbarten Zellen abgegeben wird. Dieses Isolationsmaterial kann eine Siliziumverbindung, insbesondere Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid, aufweisen.

20 Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Speicherzelle zum dauerhaften Speichern von Daten mit einem Speichermaterial vorgesehen. Es ist eine Heizeinrichtung vorgesehen, um das Speichermaterial mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf eine Programmiertemperatur zu erwärmen, wobei das Speichermaterial nach dem Abkühlen abhängig  
25 von der Geschwindigkeit des Erwärmens hochohmig oder niederohmig ist. Die Heizeinrichtung weist dabei eine Schalteinrichtung und ein Heizelement in unmittelbarer Nähe zu dem Speichermaterial auf. Das Heizelement ist als eine Diode oder Diodenkette ausgebildet. Insbesondere kann die Diode als Zenerdiode ausgebildet sein, die in Sperrrichtung betrieben  
30 wird.

Die Zenerdiode bzw. die Diodenkette hat den Vorteil, dass der Erwärmungsbereich noch weiter von dem aktiven Bereich der

Schalteinrichtung entfernt ist. Die Zenerdiode bzw. die Diodenkette ist so gewählt, dass der größte Spannungsabfall über der Zenerdiode bzw. die Diodenkette vorliegt und nicht über der Schalteinrichtung, z.B. einem Transistor, so dass der größte Teil der elektrischen Leistung in der Diode in Wärme umgewandelt wird. Somit dient die Diode als Heizelement für das Speichermaterial.

Vorzugsweise ist die Diode durch ein Halbleitermaterial gebildet, dessen Funktionsfähigkeit bei der Programmiertemperatur besteht. Insbesondere kann die Zenerdiode durch Siliziumcarbid gebildet sein. Eine Diode aus Siliziumcarbid hat den Vorteil, dass sie auch bei hohen Temperaturen, d.h. bei Temperaturen höher als 600°C, funktionsfähig ist. Somit kann die Diode in geeigneter Weise als Heizelement verwendet werden, da die Diode so dimensioniert sein kann, dass über sie ein Großteil der Spannung abfällt, so dass über der Zenerdiode die Leistungsaufnahme am größten ist.

Es kann vorgesehen sein, dass die Schalteinrichtung einen Feldeffekttransistor aufweist und die Diode bzw. die Dioden durch eine Schichtenfolge auf dem Drain-Bereich des Feldeffekttransistors gebildet ist. Auf diese Weise lässt sich die erfindungsgemäße Speicherzelle einfach herstellen. Vorzugsweise ist der Drain-Bereich des Feldeffekttransistors und die Diode bzw. die Dioden durch eine hoch leitfähige Halbleiterschicht, insbesondere eine hochdotierte Halbleiterschicht getrennt, um einen Widerstand zwischen dem Feldeffekttransistor und der Diode als Heizelement zu bilden. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass das Heizelement, d.h. die Diode, den aktiven Bereich des Transistors nicht überhitzt und somit dessen Zerstörung oder Beeinträchtigung vermeidet.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1A einen Aufbau einer nichtflüchtigen Speicherzelle gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 1B ein Schaltbild der Speicherzelle nach dem Stand der Technik gemäß Fig. 1A;

5 Fig. 2 ein Schaltbild einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Speicherzelle;

Fig. 3 einen Querschnitt durch den Aufbau der erfindungsgemäßen Speicherzelle nach Fig. 2;

10 Fig. 4a das Schaltbild einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Speicherzelle;

Fig. 4b das Schaltbild einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Speicherzelle; und

Fig. 5 einen Querschnitt durch die weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Speicherzelle nach Fig. 4.

15 In Fig. 1A ist ein Querschnitt einer nichtflüchtigen Speicherzelle nach dem Stand der Technik gezeigt. Die nichtflüchtige Speicherzelle weist einen Auswahltransistor 1 auf, der aus dem Emitterbereich 2, dem Basisbereich 3 und dem Kollektorbereich 4 gebildet ist. Mit dem Emitterbereich 2 ist ein  
20 Widerstandselement 5, das als Heizwiderstand betrieben wird, verbunden, das von einer Isolationsschicht 6 umgeben ist. An dem Emitter 2 des Bipolartransistors 1 abgewandten Ende des Widerstandselements 5 liegt eine Schicht eines "ovonischen" Speichermaterials 7, in dem die Information gespeichert werden soll. Mit dem Speichermaterial 7 ist eine Kontaktierungsschicht 8 verbunden, um die Speicherzelle zu kontaktieren.  
25

Das "ovonische" Speichermaterial 7 ist ein Material aus der Gruppe der Chalcogenide, die üblicherweise aus Legierungen gebildet sind. Typische Chalcogenide weisen Materialien, wie  
30 z.B. Germanium, Antimon, Tellur, Schwefel u.a. auf. Insbesondere die ternäre Legierung Germanium-Antimon-Tellur stellt ein für den Aufbau dieser Speicherzelle geeignetes Material dar.

Die Information wird in dem Speichermaterial 7 gespeichert, in dem das Speichermaterial 7 in zwei verschiedenen Zustands-



formen überführbar ist. Das Speichermaterial 7 kann in polykristalliner und amorpher Form vorliegen. In seiner polykristallinen Form ist das Speichermaterial 7 im Wesentlichen niederohmig und im amorphen Zustand im Wesentlichen hochohmig. Der Widerstandsunterschied ist so erheblich, dass er zu einer Informationsspeicherung verwendet werden kann.

Die verschiedenen Zustände des "ovonischen" Speichermaterials 7 werden dadurch erreicht, indem das Speichermaterial 7 kurzzeitig geschmolzen wird und beim Abkühlen und Wiedererstarren entweder die polykristalline oder die amorphe Form annimmt. Ob die polykristalline oder die amorphe Form angenommen wird, ergibt sich im Wesentlichen aus der Art des Aufheiz- bzw. Schmelzvorgangs. Wenn das Speichermaterial langsam bis zu der Schmelztemperatur, bzw. zu der Schreibtemperatur, erhitzt wird, so erstarrt das Speichermaterial in einem amorphen, d.h. hochohmigen Zustand. Wird dagegen das Speichermaterial sehr schnell auf die Schmelztemperatur erwärmt, so erstarrt das Speichermaterial in einer polykristallinen Form und hat danach einen geringeren Widerstand als in der amorphen Form.

In Fig. 1B ist das Schaltbild einer so aufgebauten Speicherzelle dargestellt. Die Speicherzelle wird über eine Wortleitung WL und eine Bitleitung BL adressiert. Die Wortleitung WL ist mit dem Basisbereich des Bipolartransistors 1, ein pnp-Transistor, verbunden. Der Kollektorbereich 4 des Bipolartransistors 1 ist mit einem Masseanschluss und der Emitterbereich 2 mit einem ersten Anschluss des Heizwiderstandes 5 verbunden. Ein zweiter Anschluss des Heizwiderstandes 5 ist mit einer ersten Anschlussfläche des Speichermaterials 7 verbunden, so dass der Heizwiderstand 5 einen geringen Wärmewiderstand zu dem Speichermaterial 7 hat. Eine zweite Anschlussfläche des Speichermaterials 7 steht mit der Bitleitung BL in Verbindung.

Zum Beschreiben der Speicherzelle wird auf die Bitleitung eine Schreibspannung angelegt. Die Schreibspannung ist so groß,

um eine ausreichende Leistungsversorgung für den Heizwiderstand zur Verfügung zu stellen, um die Schmelztemperatur des Speichermaterials 7 zu erreichen. Anschließend wird über die Wortleitung WL ein Steuersignal an den Basisbereich 3 des Bipolartransistors 1 angelegt. Das Steuersignal bestimmt, welche Information in das Speichermaterial 7 gespeichert wird. Das Steuersignal ist zum Speichern einer ersten Information so gewählt, dass es einen geringen und länger andauernden Stromfluss durch das Speichermaterial und den Heizwiderstand 5 hervorruft. Das Steuersignal ist dabei jedoch so gewählt, dass der Stromfluss ausreichend groß ist, um das Speichermaterial kurzzeitig auf bzw. über seine Schmelztemperatur zu bringen.

Zum Speichern einer dazu inversen Information ist über die Wortleitung WL an den Basiseingang 3 des Bipolartransistors 1 ein Steuersignal angelegt, das einen größeren Stromfluss durch den Heizwiderstand 5 und das Speichermaterial 7 bewirkt, so dass das Speichermaterial 7 schneller auf die Schmelztemperatur erwärmt wird. Dadurch erstarrt das Speichermaterial 7 beim Abkühlen in eine amorphe Form und wird dadurch hochhohmig.

Die Speicherzelle kann danach ausgelesen werden, indem zunächst die Wortleitung WL aktiviert wird und der Bipolartransistor 1 im Wesentlichen vollständig durchgeschaltet wird.

Auf diese Weise fließt über die Bitleitung BL, das Speichermaterial 7, den Heizwiderstand 5 und den Bipolartransistor 1 ein Strom, der abhängig von der in dem Speichermaterial 7 gespeicherten Information ist. Das Auslesen der Information kann somit über den über die Bitleitung BL fließenden Strom vorgenommen werden.

Gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist nun vorgesehen, den Heizwiderstand 5 durch einen vergrößerten Drain-Bereich eines Feldeffekttransistors zu ersetzen. In dem Schaltbild nach Fig. 2 ist die Schaltung einer solchen Spei-

cherzelle dargestellt. Fig. 3 zeigt einen Querschnitt durch den Aufbau einer solchen erfindungsgemäßen Speicherzelle.

Der Schalttransistor ist durch einen Feldeffekttransistor 10 aus Silizium gebildet. Der Feldeffekttransistor 10 ist ein n-Kanal-Transistor und ein n-dotierter Source-Bereich 11, eine p-dotierte Gate-Schicht 12 und ein n-dotierter Drain-Bereich 13 gebildet. Der Feldeffekttransistor 10 ist vertikal in einem Substrat aufgebaut und von seiner Umgebung durch eine Oxidschicht 14, vorzugsweise eine Siliziumoxidschicht, elektrisch und thermisch isoliert. In der Oxidschicht 14 ist das Gate 15 so angeordnet, dass es eine Trennung der Ladungsträger in dem Gate-Bereich 12 hervorrufen kann. Das Gate 15 ist vorzugsweise aus Polysilizium gebildet.

Source- 11 und Drain-Bereich 13 sind vorzugsweise n-dotiert, der Gate-Bereich 12 vorzugsweise p-dotiert. Der Drain-Bereich 13 ist gegenüber herkömmlichen Feldeffekttransistoren vergrößert, so dass ein LDD-Feldeffekttransistor (Largely-Doped-Drain-Feldeffekttransistor) entsteht. Bei einem LDD-Feldeffekttransistor fällt beim Betrieb aufgrund des elektrischen Widerstands ein Großteil der Spannung im Wesentlichen im Drain-Bereich ab, so dass bei einem Stromfluss die elektrische Leistung im Drain-Bereich in Wärme umgesetzt wird. Diese Wärme wird zum Aufheizen des Speichermaterials 7 verwendet.

Es ist also erfindungsgemäß nicht länger notwendig, einen gesonderten Heizwiderstand 5 vorzusehen, sondern stattdessen einen vergrößerten Drain-Bereich 13, über den ein Großteil der Schreibspannung beim Beschreiben der Speicherzelle abfällt, zu schaffen. Um das Speichermaterial 7 besser mit dem Silizium kontaktieren zu können, ist eine hochdotierte n<sup>+</sup>-Kontaktierungsschicht 16 zwischen dem Drain-Bereich 13 und dem Speichermaterial 7 vorgesehen.

Selbstverständlich kann anstelle des n-Kanal-Feldeffekttransistors auch ein p-Kanal-Feldeffekttransistor verwendet werden.

5 Auch Aufbauweisen in SiO-Technik bzw. mit anderen Halbleitermaterialien als Silizium liegen im Bereich dieser Erfindung.

In den Figuren 4A und 5 sowie Fig. 4B sind weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dargestellt. In Fig. 4A ist ein Schaltbild gezeigt, bei dem das Heizelement in Form einer Zenerdiode 20 ausgebildet ist, die in Sperrrichtung betreibbar ist. Eine Zenerdiode 20 hat die Wirkung, dass sie in Sperrbetrieb einen im Wesentlichen vom Strom unabhängigen Spannungsabfall über ihren Anschlüssen besitzt. Auf diese Weise liegt beim Durchschalten des Feldeffekttransistors 10 der Großteil der Spannung über der Zenerdiode 20 an.

15 Die Zenerdiode 20 ist in unmittelbarer Nähe zu dem Speicher-  
material 7 angeordnet, da die Zenerdiode 20 nahezu die gesamte Leistung dieses Strompfades aufnimmt. Dadurch erwärmt sich  
die Zenerdiode 20 am stärksten und kann zum Aufwärmen des  
Speichermaterials 7 verwendet werden. Damit die Zenerdiode 20  
20 möglichst nicht den Feldeffekttransistor 10 aufwärmt und diesen somit funktionsunfähig macht, ist zwischen der Zenerdiode  
20 und dem Feldeffekttransistor 10 ein Wärmewiderstand 21 in  
Form eines gut leitfähigen, hochdotierten Halbleitermaterials  
vorgesehen. Der Wärmewiderstand 21 hat die Aufgabe, die hohe  
25 Temperatur der Zenerdiode 20 möglichst nicht oder nur wenig  
an den Feldeffekttransistor 10 weiterzuleiten. Der Wärmewiderstand 21 sollte somit aus einem Material sein, das elektrisch sehr gut leitfähig ist, um sich möglichst wenig aufgrund des Stromflusses zu erwärmen, und einen geringen Wärmewiderstand aufweisen. Sehr gut eignet sich als Wärmewiderstand  
30 sehr hoch  $n^+$ -dotiertes Silizium.

Die Zenerdiode 20 ist vorzugsweise aus einem Halbleitermaterial hergestellt, bei dem die Zenerdiode 20 selbst bei sehr

hohen Temperaturen funktionsfähig bleibt. Vorzugsweise sollte die Zenerdiode 20 Temperaturen, mit denen das Speichermaterial 7 beschrieben werden kann, widerstehen können, ohne dass die Zenerdiode 20 ihre Funktionsfähigkeit einbüßt. Als geeignetes Material kommt beispielsweise Siliziumcarbid in Betracht. Eine Zenerdiode 20, die aus dem Material Siliziumcarbid hergestellt worden ist, widersteht Temperaturen über 600°C und ist somit in der Lage, als Heizelement für das Speichermaterial 7 zu dienen. Die Zenerdiode 20 kann ebenso Materialien aufweisen, wie Diamant, Galliumnitrid bzw. Halbleitermaterialien mit einem großen Bandabstand, um bei hohen Temperaturen von über 400°C bis 600°C noch als Halbleiter zu funktionieren.

In Fig. 5 ist der Aufbau einer solchen Speicherzelle im Querschnitt dargestellt. Der Feldeffekttransistor 20 ähnelt im Wesentlichen dem Feldeffekttransistor gemäß der Ausführungsform nach Fig. 3. Über den Drain-Bereich 13 des Feldeffekttransistors 10 ist ein Wärmewiderstand 21 angeordnet. Der Wärmewiderstand 21 ist aus einem hochdotierten Siliziummaterial, vorzugsweise einem n-dotierten Siliziummaterial, gebildet. Die Größe des Bereiches des Wärmewiderstands 21 ist so gewählt, dass dieser Bereich einen möglichst geringen elektrischen Widerstand aufweist, um den Spannungsabfall in diesem Bereich gering zu halten und andererseits, um eine ausreichende thermische Trennung zwischen dem Feldeffekttransistor 10 und der Zenerdiode 20 zu bilden.

Die Zenerdiode 20 ist aus einer p-dotierten Siliziumcarbid-schicht 22 und einer darüber angeordneten n-dotierten Siliziumcarbidschicht 23 gebildet. Die durch die Schichten 22, 23 gebildete Zenerdiode ist in unmittelbarer Nähe zu dem Speichermaterial 7 angeordnet.

Beim Betrieb, d.h. beim Beschreiben der Speicherzelle, fällt nun ein Großteil der Spannung über der Zenerdiode 20 ab und erwärmt sie somit. Gesteuert über das Gate 15 kann somit eine

schnelle oder langsame Erwärmung des Speichermaterials 7 bewirkt werden.

In Fig. 4B ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung gezeigt, bei dem mehrere herkömmliche Dioden 24 als Heizelement vorgesehen sind. Diese Dioden 24 sind in Durchlassrichtung geschaltet und weisen den für diese Dioden typischen Spannungsabfall, der vom Halbleitermaterial, dessen Dotierung bzw. dessen Bandabstand abhängt, auf. Die Dioden 24 sind in Serie geschaltet und möglichst kompakt in der Nähe des Speichermaterials 7 angeordnet. Die Dioden 24 sind ebenfalls als pn-Schichten über dem Wärmewiderstandsbereich 21 angeordnet und können auf ähnliche Weise wie die Zenerdiode in Fig. 5 aufgebaut sein.

## Patentansprüche

1. Speicherzelle zum dauerhaften Speichern von Daten mit einem Speichermaterial (7), das einen ersten hochohmigen Zustand und einen zweiten niederohmigen Zustand annehmen kann, wobei eine Heizeinrichtung vorgesehen ist, um das Speichermaterial (7) mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf eine programmiertemperatur zu erwärmen, wobei das Speichermaterial (7) nach dem Abkühlen abhängig von der Geschwindigkeit des Erwärmens hochohmig oder niederohmig ist, wobei die Heizeinrichtung eine Schalteinrichtung (10) und ein Heizelement in unmittelbarer Nähe zu dem Speichermaterial (7) aufweist,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Schalteinrichtung (10) einen Feldeffekttransistor aufweist, wobei ein Drain-Bereich (13) des Feldeffekttransistors als Heizbereich vorgesehen ist.
2. Speicherzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Drainbereich (13) einen hochdotierten Kontaktierungsbereich (16) zum Kontaktieren des Speichermaterials (7) umfasst.
3. Speicherzelle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Feldeffekttransistor (10) vertikal in einem Substrat aufgebaut ist und von einem Isolationsmaterial (6), dessen Wärmeleitfähigkeit gering ist, umgeben ist.
4. Speicherzelle nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Isolationsmaterial (6) eine Siliziumverbindung, insbesondere Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid aufweist.
5. Speicherzelle zum dauerhaften Speichern von Daten mit einem Speichermaterial (7), das einen ersten hochohmigen Zustand und einen zweiten niederohmigen Zustand annehmen kann, wobei eine Heizeinrichtung vorgesehen ist, um das Speichermaterial (7) mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten zu erwär-

men, wobei das Speichermaterial (7) nach dem Abkühlen abhängig von der Geschwindigkeit des Erwärmens hochohmig oder niederohmig ist,

5 wobei die Heizeinrichtung eine Schalteinrichtung (10) und ein Heizelement (20, 24) in unmittelbarer Nähe zu dem Speichermaterial (7) aufweist,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Heizelement (20, 24) eine Diode oder eine Diodenkette (20, 24) aufweist.

10 6. Speicherzelle nach Anspruch 5, wobei die Diode oder die Diodenkette durch ein Halbleitermaterial gebildet ist, dessen Funktionsfähigkeit bei der Programmiertemperatur besteht.

7. Speicherzelle nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schalteinrichtung (20) durch einen  
15 Transistor, insbesondere einen Feldeffekttransistor (10) oder einen Bipolartransistor gebildet ist.

8. Speicherzelle nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schalteinrichtung (10) einen Feldeffekttransistor aufweist und die Diode oder die Diodenkette  
20 (20, 24) durch eine Schichtenfolge auf dem Drain-Bereich (13) des Feldeffekttransistors (10) gebildet ist.

9. Speicherzelle nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Schichtenfolge der Diode oder der Diodenkette (20, 24) und dem Drain-Bereich (13) des Feldeffekttransistors (10) ein Wärmewiderstand (21), insbesondere eine hoch  
25 leitfähige Halbleiterschicht (21), insbesondere eine hochdotierte Halbleiterschicht (21), angeordnet ist.

10. Speicherzelle nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Diode oder die Diodenkette (20, 24)  
30 eine oder mehrere Zenerdioden aufweist.



## Zusammenfassung

### Nichtflüchtige Speicherzellen

Speicherzelle zum dauerhaften Speichern von Daten mit einem  
5 Speichermaterial (7), das einen ersten hochohmigen Zustand  
und einen zweiten niederohmigen Zustand annehmen kann, wobei  
eine Heizeinrichtung (13) vorgesehen ist, um das Speicherma-  
terial (7) mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf eine  
Programmiertemperatur zu erwärmen, wobei das Speichermaterial  
10 (7) nach dem Abkühlen abhängig von der Geschwindigkeit des  
Erwärmens hochohmig oder niederohmig ist, wobei die Heizein-  
richtung (13) eine Schalteinrichtung (10) und ein Heizelement  
in unmittelbarer Nähe zu dem Speichermaterial aufweist, da-  
durch gekennzeichnet, dass die Schalteinrichtung (10) einen  
15 Feldeffekttransistor (10) aufweist, wobei ein Drain-Bereich  
(13) des Feldeffekttransistors (10) als Heizelement vorgese-  
hen ist.

20

Figur 3

Figur für die  
Zusammenfassung

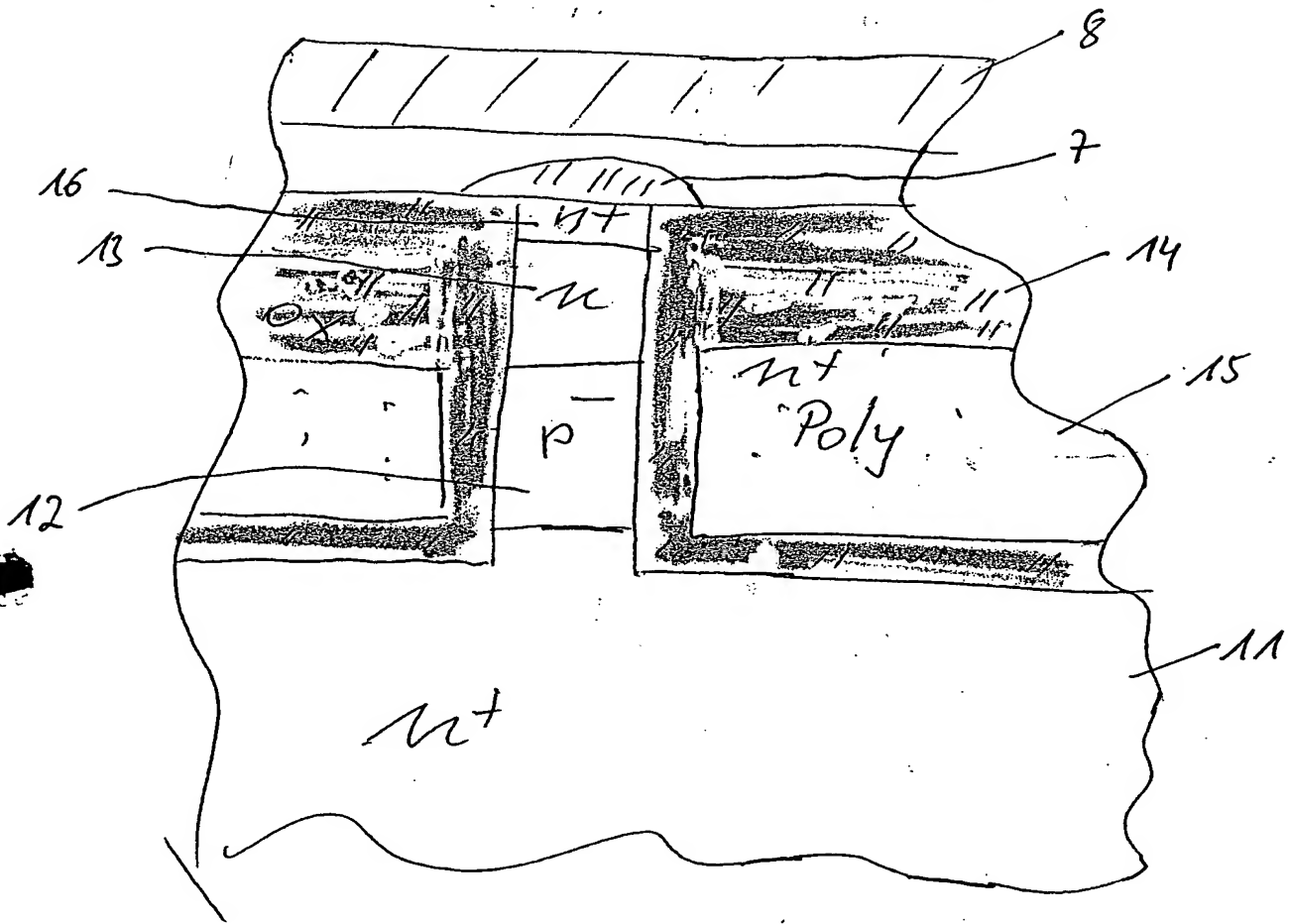


Fig. 3

## Bezugszeichenliste

	1	Bipolartransistor
	2	Emitter
	3	Basis
5	4	Kollektor
	5	Heizwiderstand
	6	Isolationsschicht
	7	Speichermaterial
	8	Kontaktierungsbereich
10	WL	Wortleitung
	BL	Bitleitung
	10	Feldeffekttransistor
	11	Source-Bereich
	12	Gate-Bereich
15	13	Drain-Bereich
	14	Oxidschicht
	15	Gate
	16	Kontaktierungsbereich
	20	Zenerdiode
20	21	Wärmewiderstand
	22	p-dotierte Siliziumcarbidsschicht
	23	n-dotierte Siliziumcarbidsschicht
	24	Dioden

1/6

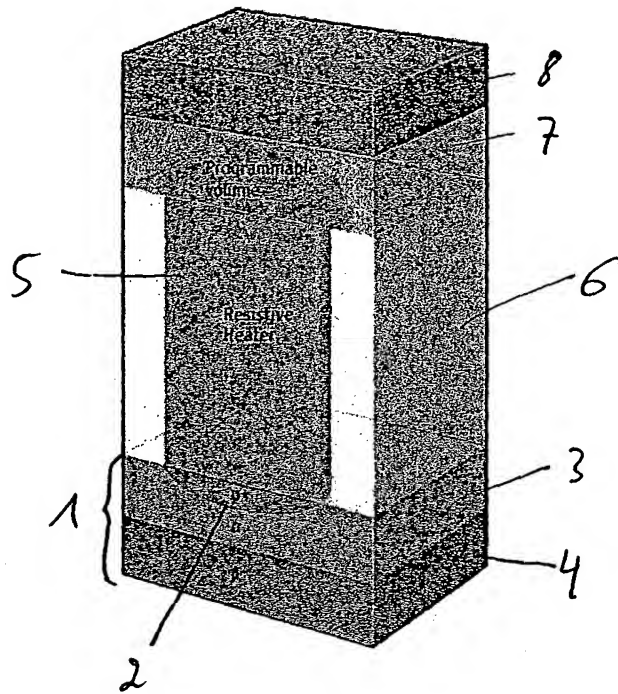


Fig. 1a

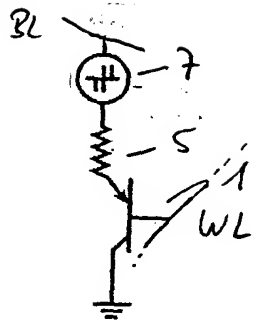


Fig. 1b

2/6

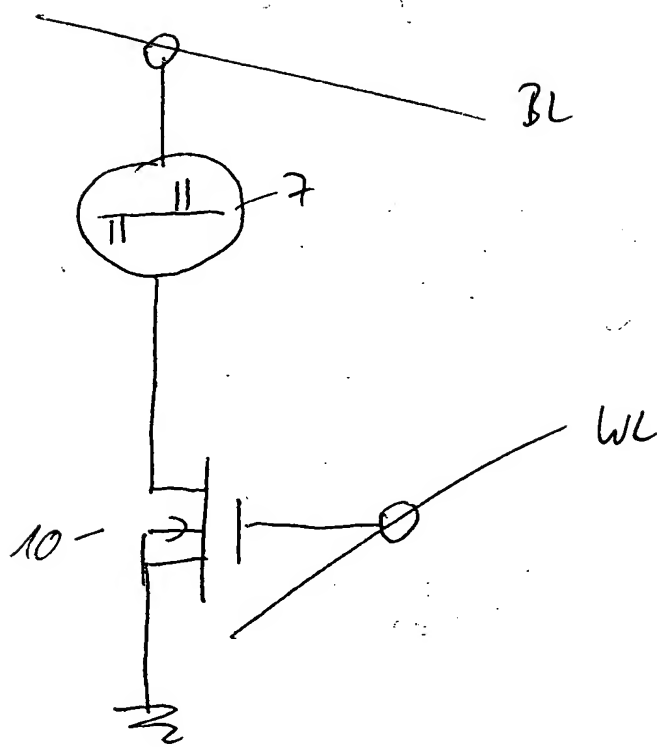


Fig. 2

3/6

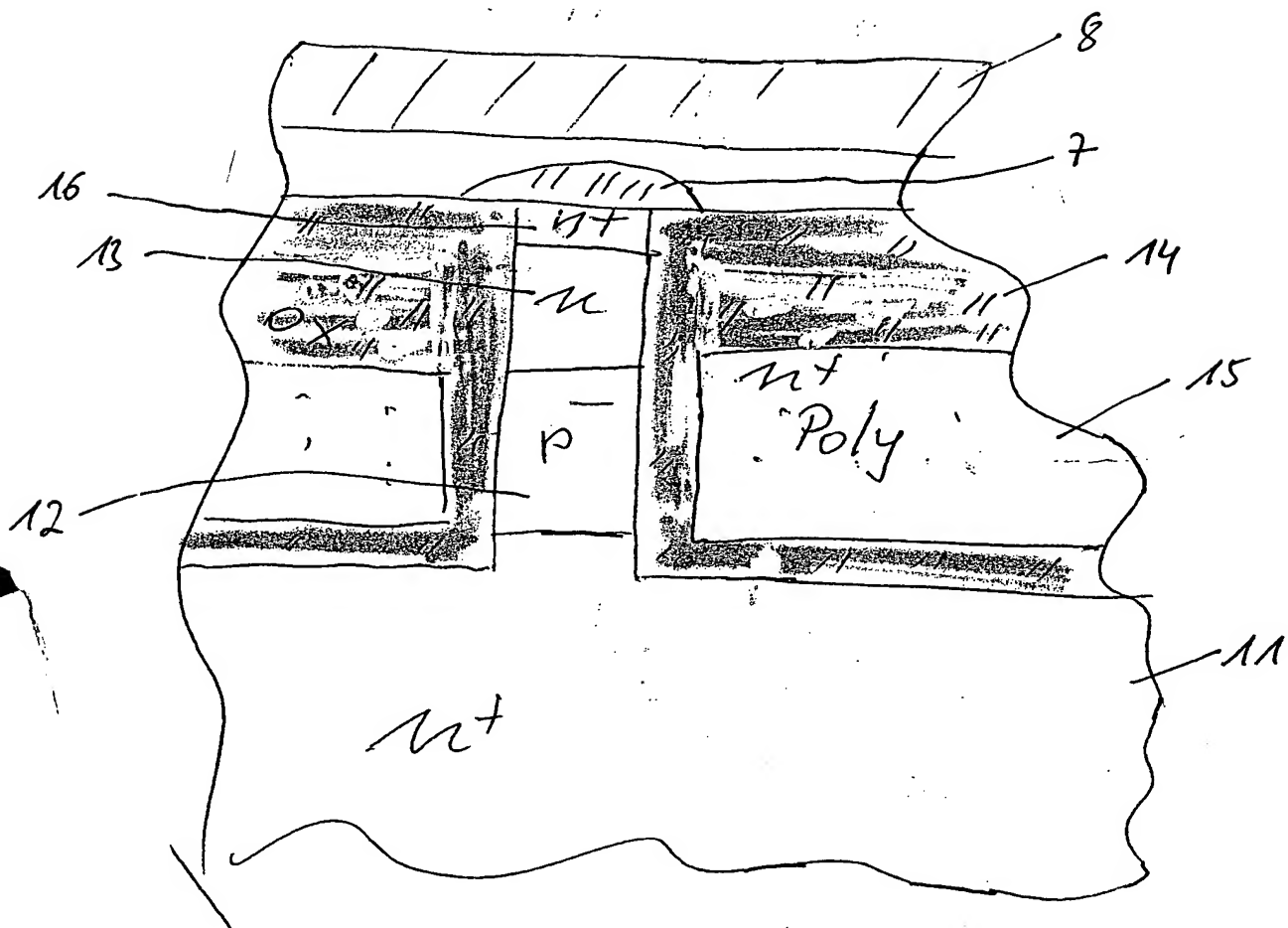


Fig. 3

4/6

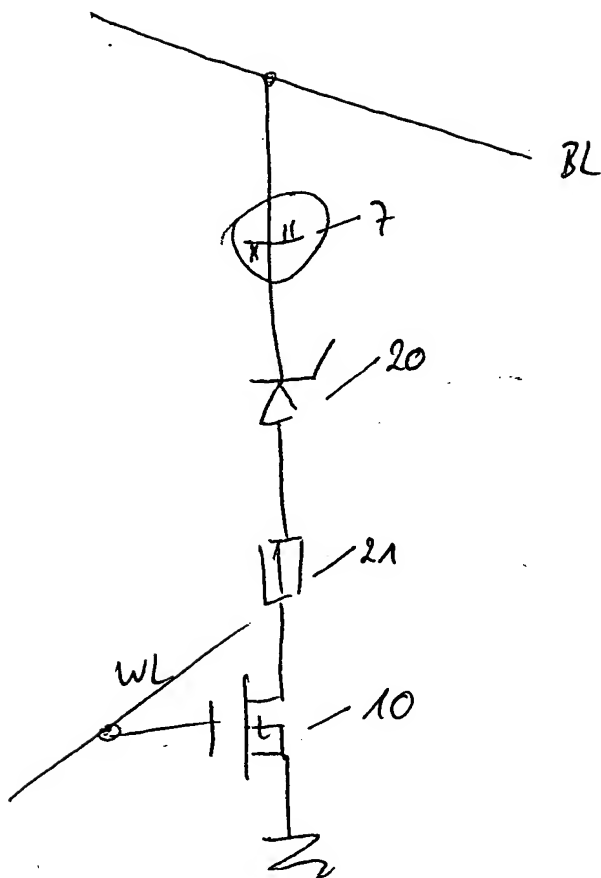


Fig. 4a

5/6

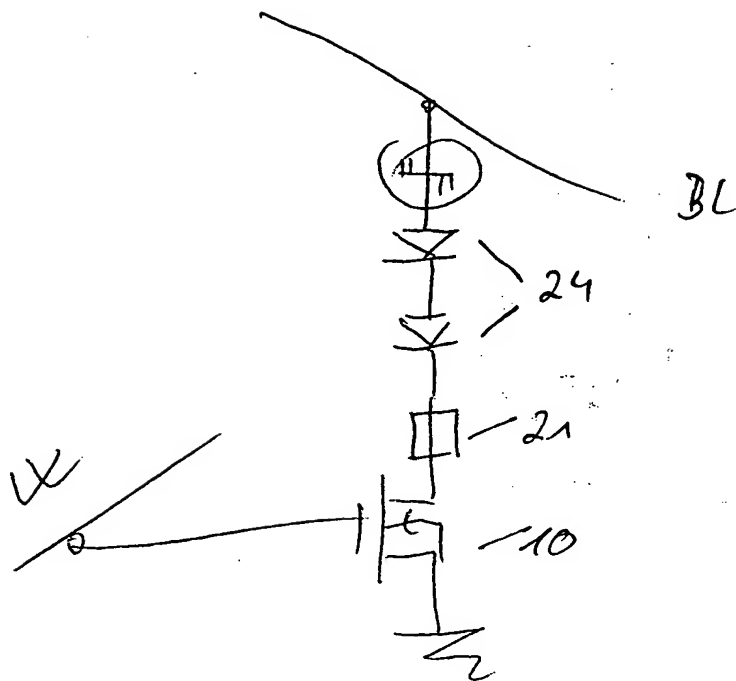


Fig. 4b



6/6

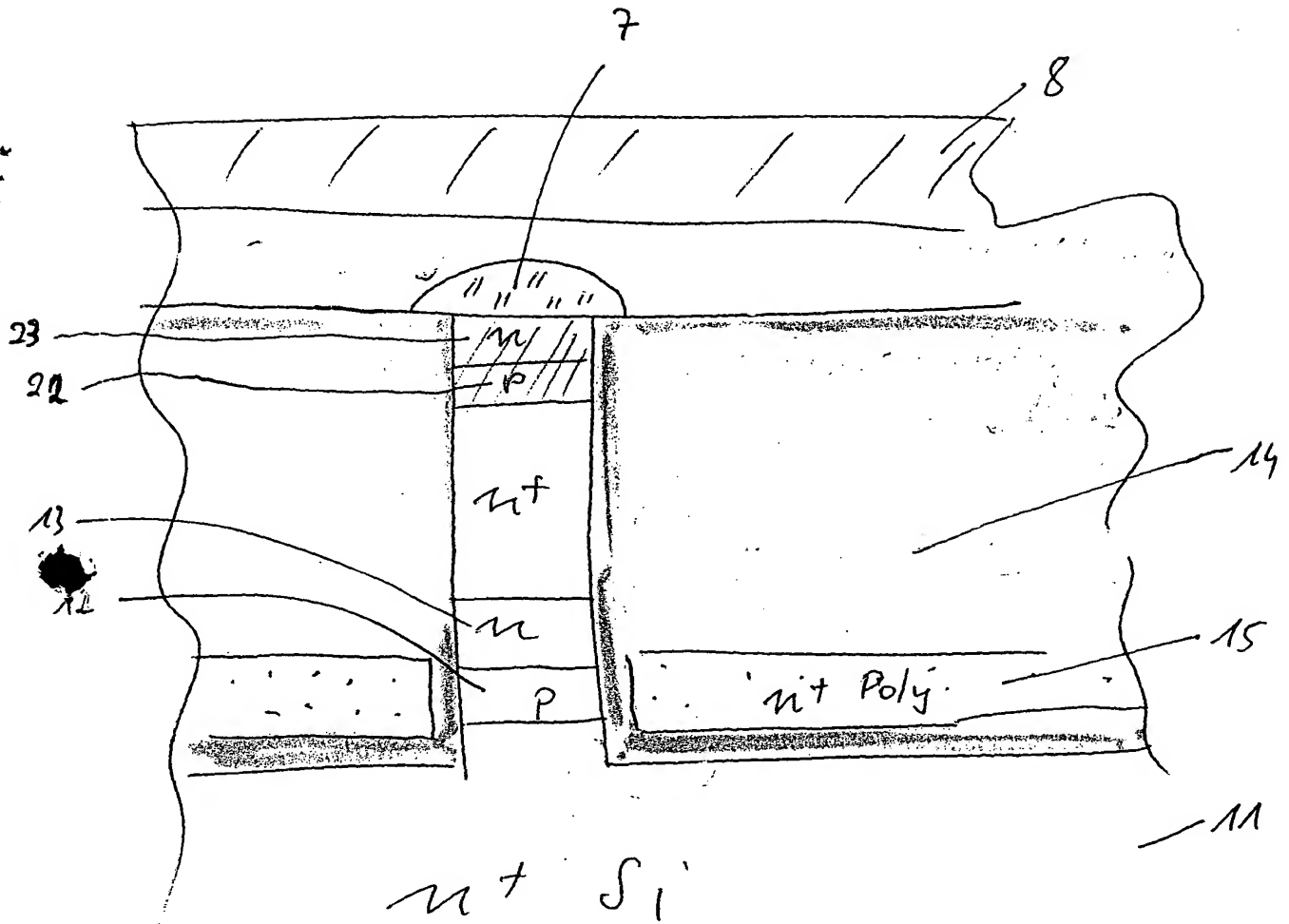


Fig. 5